Transport Canada
Development

Transports Canada
Développement

TP 6514E

Feasibility Study of an MLS Ground Certification and Measurement Facility

Summary Report

Prepared for
Transportation
Development Centre

Transport Canada

MAY 1985

CA1
DTC 847
85
F27S
c.2

Canada

TP 6514E

FEASIBILITY STUDY OF AN MLS GROUND CERTIFICATION AND MEASUREMENT FACILITY

SUMMARY REPORT

PREPARED FOR:
TRANSPORTATION
DEVELOPMENT CENTRE
BY: Canadian Astronautics Ltd.
1050 Morrison Drive.
Ottawa, Ontario

Date: May 1985
Contract: DSS# 11SDT 8200-4-4557
Report: CAL # 340-FR-002, Issue 2

NOTE: The contents of this report reflect the views of the contractor and not necessarily the official views or policies of the Transportation Development Centre.

Également disponible en français: TP6514F

REPORT DOCUMENTATION FORM

1. Transport Canada Report No.	2. TDC Project No.	3. Recipient's Catalogue No.
TP 6514E	6331	

4. Title and Subtitle	5. Report Date
Feasibility Study of an MLS Ground Certification and Measurement Facility - Summary Report	May 1985
	6. Performing Organization Report No. 340-FR-001
7. Author(s)	8. Transport Canada File No.
G. Boudreau, J. Whelpton, D.M. Ball	D1455-153
9. Performing Organization Name and Address	10. DSS File No.
Canadian Astronautics Limited 1050 Morrison Drive Ottawa, Ontario K2H 8K7	11SD.T8200-4-4557
	11. DSS or Transport Canada Contract No. OSD 84-00219
12. Sponsoring Agency Name and Address	13. Type of Report and Period Covered
Transportation Development Centre (TDC) Guy-Favreau Complex 200 Dorchester Blvd. West, Suite 601, West Tower Montreal, Quebec H2Z 1X4	Summary: Dec. 84-May 85
	14. Sponsoring Agency Code TDC 6331
15. Supplementary Notes Summary of "Feasibility Study of an MLS Ground Certification and Measurement Facility", May 1985, TP 6501E	16. TDC Project Officer Micha Avni

17. Abstract

This summary report briefly describes a ground-based Microwave Landing System (MLS) test facility, with the capability for performing tests before, during, and after installation of an MLS. MLS, which will become the prime aircraft landing system by 1995 (replacing the existing Instrument Landing System), will provide significantly enhanced performance, allowing aircraft to land in difficult terrain and under low visibility conditions. The system also provides dramatically increased coverage, making airborne testing difficult and expensive; therefore, ground-based testing is preferred.

The report briefly defines alternative test techniques and describes some of the factors which must be considered; then, based on analysis of performance and projected costs, it defines an optimal test system. The airport test facility consists of a spatially matched receiving probe antenna mounted on a movable tower located 35 metres in front of the MLS, together with a van mounted electronics subsystem and a probe antenna tracking unit. Potential multipath problem areas are identified by applying antenna sidelobe level test data obtained from a calibrated antenna test facility to the configuration of major multipath reflector sources at each airport.

Included in the report are brief descriptions of a first article MLS antenna test facility, a commissioning test facility, and a periodic test facility.

18. Key Words	19. Distribution Statement
Microwave Landing System, Air Traffic Control, Navigation, Testing	Limited number of copies available from Transportation Development Centre.

20. Security Classification (of this report)	21. Security Classification (of this page)	22. No. of Pages	23. Price
Unclassified	Unclassified	23	Nil

TDC CDT 79-005

FORMULE DE DOCUMENTATION POUR RAPPORT

1. Nº du rapport Transports Canada	2. Nº de l'étude — CDT	3. Nº de catalogue du destinataire
4. Titre et sous-titre		5. Date du rapport
		6. Nº du rapport de l'organisme exécutant
7. Auteur(s)		8. Nº de dossier Transports Canada
9. Nom et adresse de l'organisme exécutant		10. Nº de dossier — ASC
		11. Nº de contrat — ASC ou Transports Canada
12. Nom et adresse de l'organisme parrain		13. Genre de rapport et période visée
		14. Code de l'organisme parrain
15. Remarques additionnelles		16. Agent de projet — CDT

17. Résumé

18. Mots-clés	19. Diffusion

20. Classification de sécurité (de ce rapport)	21. Classification de sécurité (de cette page)	22. Nombre de pages	23. Prix

CDT TDC 79-005

FORMULE DE DOCUMENTATION POUR RAPPORT

1. Nº du rapport Transports Canada	2. Nº de l'étude — CDT	3. Nº de catalogue du destinataire
TP 6514E	6331	

4. Titre et sous-titre	5. Date du rapport
Feasibility Study of an MLS Ground Certification and Measurement Facility - sommaire	mai 1985
	6. Nº du rapport de l'organisme exécutant: 340-FR-001
7. Auteur(s): G. Boudreau, J. Whelpton, D.M. Ball	8. Nº de dossier Transports Canada: D1455-153
9. Nom et adresse de l'organisme exécutant: Canadian Astronautics Limited, 1050 Morrison Drive, Ottawa, Ontario, K2H 8K7	10. Nº de dossier — ASC: 11SD.T8200-4-4557
	11. Nº de contrat — ASC ou Transports Canada: OSD 84-00219
12. Nom et adresse de l'organisme parrain: Centre de développement des transports (CDT), Complexe Guy-Favreau, 200 ouest boul. Dorchester, Suite 601, tour ouest, Montréal, Québec H2Z 1X4	13. Genre de rapport et période visée: Sommaire - déc. 84 - mai 85
	14. Code de l'organisme parrain: CDT 6331
15. Remarques additionnelles: Sommaire de "Feasibility Study of an MLS Ground Certification and Measurement Facility", mai 1985, TP6501E	16. Agent de projet — CDT: Micha Avni

17. Résumé

Ce rapport décrit brièvement une installation d'essai au sol de systèmes d'atterrissage hyperfréquences (MLS) pouvant tester un MLS avant, pendant et après son installation. Le MLS, qui sera le principal système d'atterrissage utilisé en 1995 (en remplacement de l'actuel système aux instruments), est beaucoup plus efficace et permet aux aéronefs d'atterrir sur les terrains difficiles et dans des conditions de faible visibilité. Ce système a aussi une couverture beaucoup plus étendue, ce qui rend les essais en vol difficiles et coûteux; c'est la raison pour laquelle un système d'essai au sol a été choisi.

Ce rapport expose aussi brièvement les diverses méthodes d'essai et décrit certains facteurs dont il faut tenir compte; puis, en se basant sur une analyse de performance et de coûts prévus, il définit les caractéristiques d'un système d'essai optimal. L'installation d'essai est constituée d'une antenne réceptrice de sondage adaptée à la configuration de l'emplacement et montée sur une tour mobile à 35 mètres devant le MLS, ainsi que d'un sous-système électronique et d'une unité de poursuite montés dans une remorque. Les problèmes potentiels dus aux trajets multiples sont identifiés en appliquant à la configuration des principales sources de trajets multiples à chaque aéroport les données obtenues sur les lobes latéraux au moyen d'une antenne étalonnée.

Le rapport donne une brève description des trois installations; la première sert à faire l'essai de la première antenne MLS livrée, la deuxième sert aux épreuves de mise en service et la troisième aux vérifications périodiques.

18. Mots-clés	19. Diffusion
Système d'atterrissage hyperfréquences, contrôle de la circulation aérienne, navigation, essai	Le Centre de développement des transports dispose d'un nombre limité d'exemplaires.

20. Classification de sécurité (de ce rapport)	21. Classification de sécurité (de cette page)	22. Nombre de pages	23. Prix
Non classifié	Non classifiée	23	Aucun

CDT/TDC 79-005

REPORT DOCUMENTATION FORM

1. Transport Canada Report No.	2. TDC Project No.	3. Recipient's Catalogue No.
4. Title and Subtitle		5. Report Date
		6. Performing Organization Report No.
7. Author(s)		8. Transport Canada File No.
9. Performing Organization Name and Address		10. DSS File No.
		11. DSS or Transport Canada Contract No.
12. Sponsoring Agency Name and Address		13. Type of Report and Period Covered
		14. Sponsoring Agency Code
15. Supplementary Notes		16. TDC Project Officer

17 Abstract

18 Key Words	19 Distribution Statement

20. Security Classification (of this report)	21 Security Classification (of this page)	22 No. of Pages	23. Price

TABLE OF CONTENTS

		Page
1.0	INTRODUCTION	1
2.0	ANALYSIS OF REQUIREMENT	2
3.0	STUDY OF MEASUREMENT TECHNIQUES	9
3.1	SPATIALLY VARIANT PARAMETERS	9
3.2	RADIATED SIGNAL PARAMETERS	10
3.3	ENVIRONMENTAL SENSITIVITY OF ANTENNA	11
4.0	TEST FACILITY DESCRIPTION	13
4.1	FIRST ARTICLE MLS ANTENNA TEST FACILITY	13
4.2	COMMISSIONING TEST FACILITY	14
4.3	PERIODIC TEST FACILITY	15
5.0	CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS	17

LIST OF ILLUSTRATIONS

			Page
Figure	1	MLS Radiated Signal Zones	3
	2	Recommended MLS Multiplex Transmission	4
	3	Potential Test Configuration	12
	4	Commissioning Test Set Block Diagram	16
Table	1	System Guidance Accuracies at Datum	5
	2	Azimuth Accuracy	6
	3	Elevation Accuracy	7
	4	Ground Equipment Accuracy	8

1.0 INTRODUCTION

This report describes the results of a Microwave Landing System (MLS) Ground Test Facility Study. The study examined in detail alternative techniques of certifying and calibrating the MLS before, during and after installation, with the objective of defining a cost effective technique of confirming proper operation under a wide variety of Canadian operating conditions using a ground based test system.

This report is divided into four sections as follows:

- Analysis of Requirement
- Study of Measurement Techniques
- Test Facility Description
- Recommendations and Conclusions

2.0 ANALYSIS OF REQUIREMENT

The MLS is scheduled to become the prime aircraft landing system by 1995, replacing the present International Civil Aviation Organization (ICAO) standard VHF/UHF Instrument Landing System (ILS). MLS will provide greater accuracy and will extend flyable guidance over wider areas of coverage (up to 120° in azimuth and 20° in elevation) as shown in Figure 1, with much greater freedom from the effects of terrain irregularities and adverse weather conditions than with ILS.

For the purpose of this study, the MLS configuration consists of:

a) approach azimuth equipment
b) back azimuth equipment
c) elevation equipment
d) means of transmitting and encoding data words
e) associated monitor for each of the above functions.

The ICAO Standards and Recommended Practices (SARP), Section 3 provides a detailed set of requirements for each of the above equipments and the MLS system. For the sake of brevity, this set of requirements is not repeated here, however, Figure 3 does illustrate the recommended transmission cycle sequence. While the multiplex signal pattern is somewhat complex, the test equipment and technology required to measure the timing and data formats is available and a test subsystem can be readily designed and built.

However, the guidance accuracy requirements present a much more difficult problem, primarily due to the relatively severe pointing accuracy requirements. Tables 1 to 4 tabulate the system guidance accuracy and the ground equipment accuracy required for a typical airport, expressed in ± degrees of Path Following Error (PFE) and Control Motion Noise (CMN). In the following sections, various measurement techniques to solve these problems are studied and an optimal technique described.

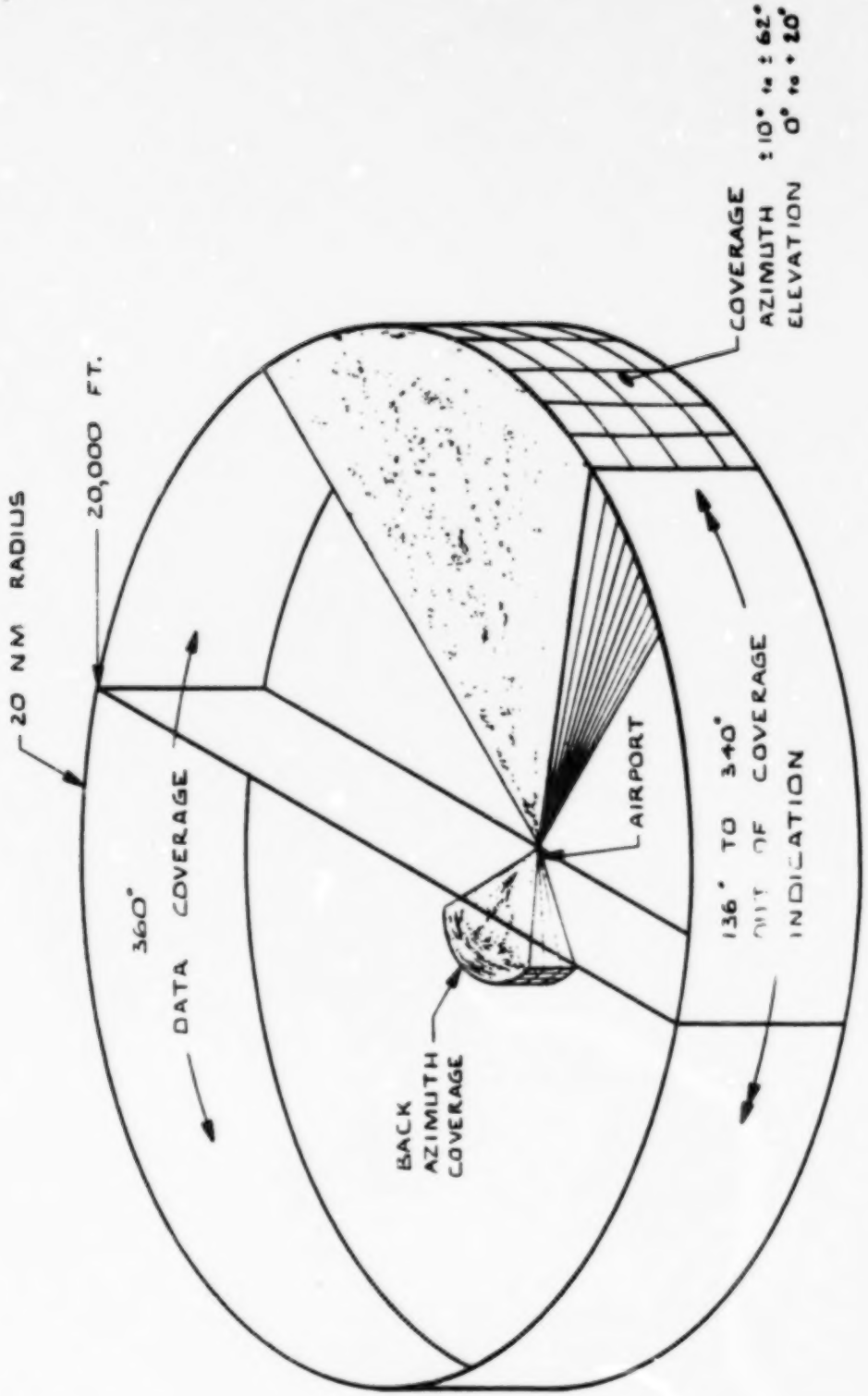
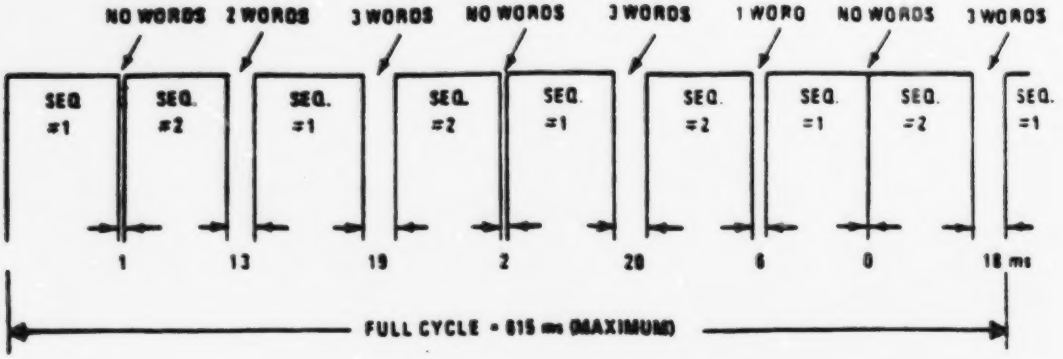
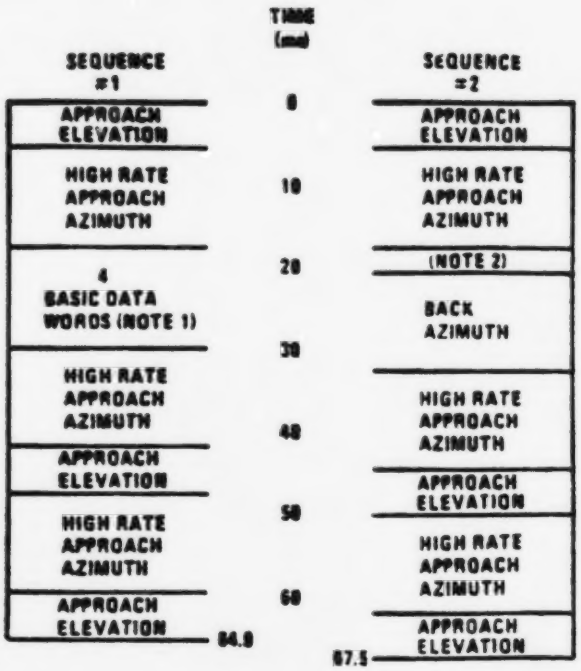


Figure 1 MLS Radiated Signal Zones





NOTES:

1. BASIC DATA WORDS MAY BE TRANSMITTED IN ANY OPEN TIME PERIODS.
2. WHEN BACK AZIMUTH IS PROVIDED, BASIC DATA WORD #2 MUST BE TRANSMITTED ONLY IN THIS POSITION.
3. THE TOTAL TIME DURATION OF SEQUENCE #1 PLUS SEQUENCE #2 MUST NOT EXCEED 134 ms.

Figure 2 Recommended MLS Multiplex Transmission Cycle Sequences, Showing Open Time Periods Available For Data Words

Table 1 **System Guidance Accuracies at Reference Datum (± Degrees)**
[ICAO para. 3.11.4.9, 3.11.4.9.5 and 3.11.4.9.6]

		PFE	PFN	CMN	Recommended PFE
	Approach AZ				
Distance from approach ref. datum to AZ antenna (m)	500	0.69	0.40	0.1	0.46
	1500	0.23	0.13	0.1	0.15
	3000	0.12	0.069	0.061	0.076
	4267	0.081	0.047	0.043	0.050
	BAZ				
Distance from BAZ antenna to BAZ ref. datum (m)	800	0.43	0.25	0.1	
	1500	0.23	0.13	0.1	
	2000	0.17	0.10	0.09	
	Elevation				
Assume a minimum glide path of 3° (i.e., 287 m to ref. datum)		0.12	0.079	0.059	

Table 2 Azimuth Accuracy (± Degrees) Limits

[ICAO para. 3.11.4.9.4.2 and 3.11.4.9.4.3]

		PFE	PFN	CMN	PFE (Recommended)
	Approach Ref. Datum	0.115	0.066	0.06	0.077
Elevation: $\theta < 9°$	Distance:	@ 37 km ERC: 0.23	@ 37 km ERC: 0.132	@ 18.5 km ERC: 0.078	@ 37 km ERC 0.154
	AZ Angle: $\Phi = \pm 40°$	0.345	0.198	0.101	0.23
Elevation: $\theta = 15°$	AZ Angle: $\Phi = 0°$	0.46	0.264	0.078	0.308
	$\Phi = \pm 40°$	0.69	0.396	0.101	0.46

NOTE: For AZ Antenna 3048 m (10000') From Threshold

ERC= Extended Runway Centerline

Φ = Azimuth Angle

θ = Elevation Angle

Table 3 System Elevation Accuracy Limits (± Degrees)

[ICAO para. 3.11.4.9.6.1 to 3.11.4.9.6.3]

		PFE	PFN	CMN	Recommended PFE	Recommended CMN
	Approach Ref. Datum	0.12	0.079	0.059		
Elevation: On minimum glide path	Distance:	@ 37 km ERC: 0.2	@ 37 km ERC: 0.2	@ 18.5 km ERC: 0.077		
	Angle: $\Phi = \pm 40°$	0.26	0.26	0.1		
Elevation: $\Theta = 15°$	Angle: $\Phi = 0°$	0.24	0.16	0.12*		
	$\Phi = \pm 40°$	0.31	0.31	0.13		
Elevation: $\Theta < 60\%$ of minimum Glide Path	Angle: $\Phi = 0°$	0.72	0.47	0.35	0.35	0.17
	$\Phi = \pm 40°$	0.8	0.94	0.4	0.35	0.2

* Except that directly above reference datum CMN < 0.07°

NOTE: Minimum Glide Path = 3°

ERC= Extended Runway Centerline

Φ = Azimuth Angle

Θ = Elevation Angle

Table 4 Ground Equipment Accuracy Limits (± Degrees)
[ICAO para. 3.11.5.2.4 and para. 3.11.5.2.5]

	PFE (Mean)	CMN (Recommended)
AZIMUTH GUIDANCE (i) Typical Max: (3353 m, 11000') from AZ antenna to approach reference datum	0.051	0.017 (Absolute Limit of 0.03 See Note 1)
(ii) Worse Case: 4268 m, (14000')	0.04	0.013 (Absolute Limit of 0.03) See Note 1)
ELEVATION GUIDANCE (i) MGP = 3° 287 m, (942') to reference datum	0.06	0.03
(ii) MGP = 2.5° 344 m, (1128') to reference datum	0.05	0.025

MGP = minimum glide path

Note 1: The accuracy limits are defined in terms of absolute distance. For runway lengths less than 1910 m (6265'), the absolute angular distance would supercede the distance limit.

3.0 STUDY OF MEASUREMENT TECHNIQUES

The objective of this section is to summarize various measurement techniques suitable for measurement of the MLS parameters defined in the ICAO SARP.

The techniques are discussed under the following headings:

- Spatially Invariant Parameters
- Radiated Signal Parameters
- Environmental Sensitivity of the MLS Antenna

3.1 SPATIALLY INVARIANT PARAMETERS

Parameters which are independent of where they are measured in the coverage volume include frequency, time intervals, function decoding, etc. Figure 3 illustrates a typical configuration of functional subsystems which could be used to measure these parameters.

a) Down Converter - A down converter is required to change the 5 GHz frequency to a lower frequency more suitable for measurement equipment.

b) Amplitude Detector - An AM demodulator is needed in order to perform timing measurements on the guidance angle and for measurement of power.

c) DPSK Demodulator - A phase demodulator is required to convert the PSK signal to baseband.

d) Time Interval Measurement - A trigger/function decoder provides the trigger signals necessary to initiate measurement of the various signal in each function. A GPIB controlled Time Interval Meter can be used to perform the measurement. Alternatively, the signals could be digitized using a waveform digitizer and the timing measurements performed in software.

e) Frequency Counter - While a gated frequency counter can be used to measure frequency, the achievable accuracy is marginally adequate. Measurement of frequency prior to modulation directly from the MLS is more desirable if possible.

f) Phase, Morse Code and Data Decoder - Special purpose hardware is most appropriate for these tests, although, by utilizing a waveform digitizer, the information could be decoded using software instead.

g) Controller - in order to expedite measurements at a busy airport, it is recommended that a controller be provided to automate the test sequence. Many computers are variable in the marketplace to perform this function, complete with the necessary software development packages.

It is also clear that the above tests could be performed using a suitably modified MLS Aircraft Receiver. To determine if such an approach is actually cost-effective would require an investigation of the extent and cost of the modifications.

3.2 RADIATED SIGNAL PARAMETERS

Radiated signal power levels and angle guidance errors vary as a function of the "receiver" location in space. These parameters can best be measured in the MLS quasi-near field, i.e., at a distance of 30-50 meters from the antenna. Since signals reflected off the surface of the ground will cause multipath which might be sufficiently large to interfere with the measurement accuracy, the field probe antenna must have sufficiently narrow beamwidth to minimize this hazard, at the same time being sufficiently small to minimize wind resistance.

Because of the exceptional positional accuracy required of the probe antenna, it is proposed that an optical tracker will be needed to track the wind-induced motion of the antenna phase centre.

The Angle Processor shown in Figure 4 will also be required to resolve the beam centre with exceptional accuracy, therefore, it is proposed that a beam centre finding algorithm will have to be developed especially for the application. A least squares curve fit approach is suggested as the preferred technique.

A power meter is needed as well to measure the peak power in the scanning beam. A conventional peak power meter would suffice, or alternatively, a waveform digitizer could be used.

Since the quasi-near field system cannot measure multipath in the far field caused by antenna sidelobes, it is recommended that the antenna sidelobe level be measured on a "low multipath" antenna test range and then, by analysis of the particular airport geometry, the areas of high probability multipath interference predicted. The predicted multipath could then be confirmed by flight trial.

Again, a "modified" aircraft MLS receiver might be used for these tests, however, the positional accuracy requirements are much more severe for the test set, and the receiver may prove inadequate.

3.3 ENVIRONMENTAL SENSITIVITY OF THE MLS ANTENNA

The variation in performance, particularly guidance accuracy, over the wide range of Canadian weather conditions, will have to be confirmed to be within acceptable limits. While the MLS electronics performance can be confirmed indoors, the antenna performance should be checked on a "low multipath" test range. Extreme changes in temperature are predicted to be a potential problem depending on the antenna construction, therefore, confirmatory tests need to be conducted to verify performance.

The possibility of rain "sheeting" on the antenna radome and causing degradation of performance in portions of the coverage area seems unlikely, however, each manufacturer's radome should be tested to confirm that degradation will either be detected on the field monitor or will not occur under ordinary rainfall conditions.

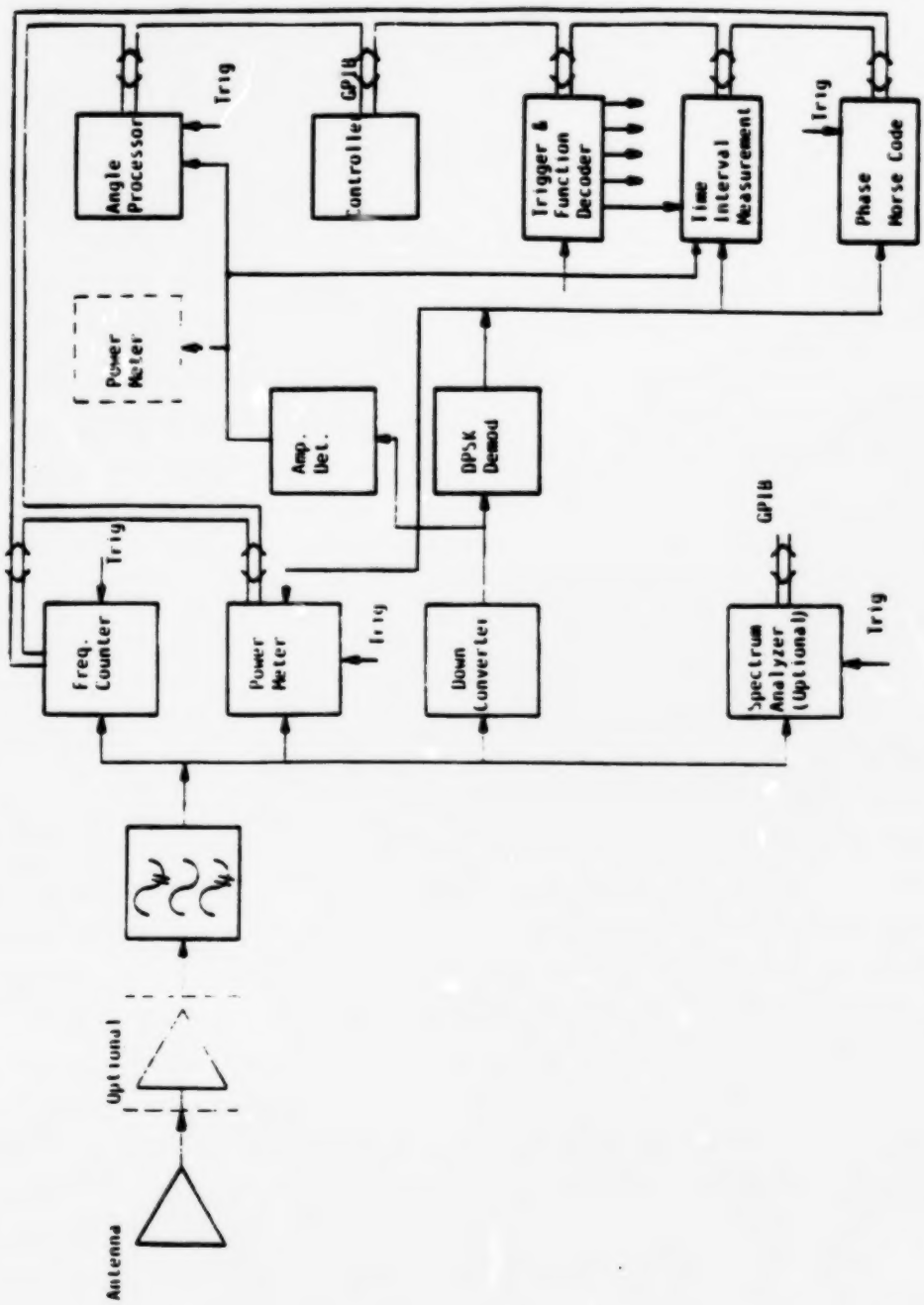


Figure 3 Potential Test Configuration

4.0 TEST FACILITY DESCRIPTION

Three separate test facilities are described in this section, basically relating to testing of the MLS before, during and after installation.

4.1 FIRST ARTICLE MLS ANTENNA TEST FACILITY

The primary purpose of the First Article MLS Test Facility (FAMAT) is to provide a facility where sidelobe level testing can be performed accurately without multipath interference and limited environmental testing can be accomplished under controlled conditions. In addition, such a facility is needed to aid in validation of both the Commissioning Test Set and the MLS field monitor subsystem.

The FAMAT must be capable of measuring:

- Sidelobe level
- Guidance accuracy under various environmental conditions
- All spatially variant parameters

The key constituent of this facility is a low multipath antenna test range, which ideally should be a far-field test facility with zero multipath. Since zero multipath is not practical, the facility should either have multipath at least 35 dB down from the main lobe, or have the multipath carefully measured and controlled so that reflected multiple path signals can be distinguished from sidelobes and subsequently ignored.

A facility which is particularly suitable for performing these tests is the Communications Research Centre's David Florida lab (DFL) roof mounted antenna test facility. This facility is recommended primarily because of its low multipath, its proximity to Transport Canada users, and its reasonable rental cost.

a) Sidelobe Level Measurement

Computation of dynamic sidelobe level (SLL) requires that the level that is exceeded 3% of the time by the sidelobes be measured, during the beam scan time but excluding the main beam. The proposed technique requires digitizing the scanning beam video output and storing the results in memory. Once a statisically significant number of samples is obtained, the data is processed and the threshold above which 3% of the data samples occur is calculated. The process is repeated to find the SLL variation as a function of the angular position with respect to the MLS.

b) Environmental Tests

The FAMAT facility can also be utilized to perform temperature tests and simulated rain tests on the antenna portion of the MLS, since these tests require careful control of the multipath to achieve the desired accuracy.

4.2 COMMISSIONING TEST FACILITY

The Commissioning Test Facility is the primary test facility for ground based testing and certification of a MLS. The facility consists of an antenna mounted on a 15 meter moveable erectible tower and a Receiver/Processor unit mounted in a van equipped to provide primary power which can be easily moved over the entire measurement zone.

a) Antenna Subsystem

The antenna subsystem consists of a tower mounted narrow beam array type probe antenna located 30 to 45 meters in front of the MLS and a probe antenna phase centre tracking unit. The narrow beam antenna is required to minimize the effect of ground reflected multipath signals, while the antenna tracker is required to track any wind induced motion of the probe antenna so that the ±0.005° pointing accuracy can be achieved.

b) Receiver/Processor Subsystem

The Receiver/Processor consists of a group of submodules configured to measure both spatially variant and invariant parameters as shown in Figure 4. Two options are considered viable, one maximizes the usage of off-the-shelf GPIB controllable test equipment, the second requires construction of custom-built units (both hardware and software). The custom approach will increase the non-recurring cost, however, the recurring costs are significantly reduced and the unit size/weight is much less. Both approaches require common submodules such as a down converter, amplitude detector, DPSK demodulator, digitizer unit, etc.

The guidance angle processor accuracy requirements must be emphasized, most likely necessitating the selection of a sophisticated algorithm preferrably implemented in software. This algorithm will also be required to compensate for the probe antenna tracker input signal such that the absolute beam pointing accuracy can be determined.

4.3 PERIODIC TEST FACILITY

The Periodic Test Facility (PTF) is a ground test system which is required to periodically recheck the performance of an MLS without the high cost of repeating a Flight Inspection. The PTF is functionally essentially identical to the Commissioning Test Facility, the major difference being that the probe antenna location is proposed to be fixed instead of moveable, thereby eliminating the need for an antenna tracking unit, and the electronics unit should be smaller and lighter. It is also assumed that the base location for the PTF antenna mast will be permanently located (for example, using a poured concrete base) so that the mast can be quickly erected and the measurements taken.

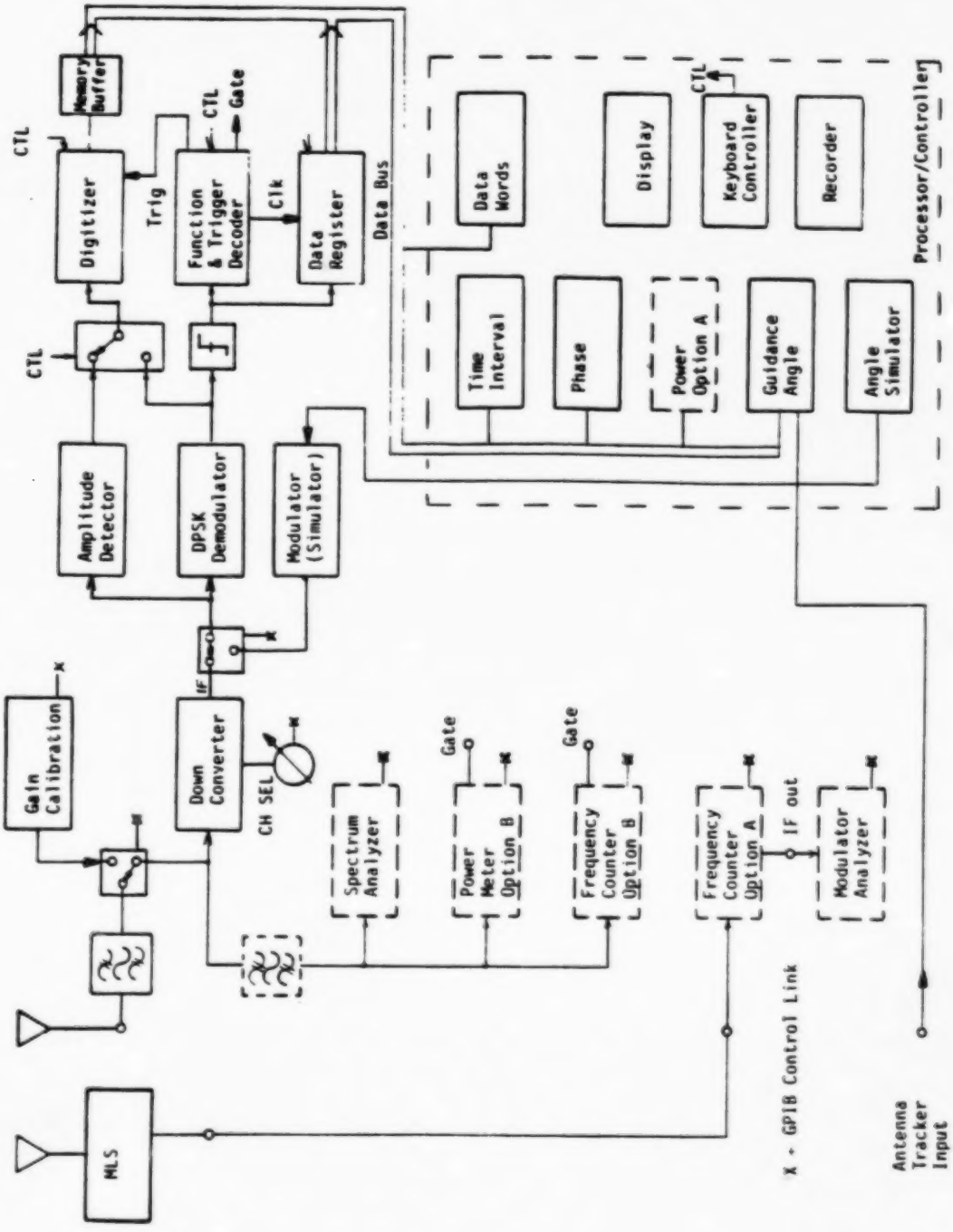


Figure 4 Commissioning Test Set Block Diagram

5.0 CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

This section summarizes the key requirements that the Ground Test Facility must have in order to perform the required tasks and provides additional recommendations which will simplify the measurement task. The summary is subdivided into four subsections each described below:

a) MLS Design Requirements

This subsection defines recommended additions/changes that should be placed on the design and manufacture of an MLS with the objective of improving both performance and testability.

i) MLS must identify which data configuration is used.
ii) Antenna phase centre should be marked.
iii) Antenna radiation pattern should be well controlled.
iv) Sidelobe performance should be measured.
v) MLS radome ice adhesion properties should be tested.
vi) MLS humidity and vibration sensitivity should be specified.

b) First Article Antenna Test Facility

The following recommendations apply:

i) SLL must be measured at a low multipath, well controlled test site.
ii) Temperature sensitivity and simulated rain tests should be performed using such a facility.
iii) Field monitor validation testing and soft failure testing can best be performed on such a facility.

c) Commissioning Test Facility

The CTF is capable of measuring the key KLS parameters as required by ICAO assuming the following recommendations are followed:

i) Radiated signal tests should be performed in the quasi-near field (30-45 meters from MLS).

ii) Probe antenna tracker should use optical techniques and be based on expected wind-induced motion of antenna on tower.

iii) The capability to calibrate the guidance angle processor should be built into the unit.

iv) A data recorder should be built-in as well.

d) Periodic Test Facility

This facility is functionally similar to the CTF described above with the following exceptions:

i) The probe antenna should be mounted on a rigid tower so that tracking is not required.

ii) Size and weight of the electronics unit should be reduced to make transportation easier by using custom-built circuitry wherever possible.

iii) Short term frequency stability tests need not be performed.

Transports Canada
Développement

Transport Canada
Development

TP 6514F

Étude de faisabilité d'une installation d'homologation et d'essai au sol pour système MLS

Rapport sommaire

Préparé pour le
Centre de développement des transports
Transports Canada

par
Canadian Astronautics Ltd.

JUIN 1985

CA1
DTC 847
85
F27SZ
c.2

Canada

TP 6514F

ÉTUDE DE FAISABILITÉ D'UNE INSTALLATION D'HOMOLOGATION ET D'ESSAI AU SOL POUR SYSTÈME MLS

Préparé pour le

Centre de développement des transports
Transports Canada

par

Canadian Astronautics Ltd.

Library and Information Centre / Centre de Documentation (GSLA)
RECEIVED - REÇU LE
OCT 20 1986
Transport Canada / Transports Canada

Juin 1985

Les opinions et les vues exprimées dans ce rapport sont celles du contractant et ne reflètent pas nécessairement celles du Centre de développement des transports, Transports Canada.

RECEIVED - REÇU LE
APR 20 1983
TRANSPORT CANADA
TRANSPORTS CANADA
LIBRARY
BIBLIOTHÈQUE

Also available in English under the title: "Feasibility Study of an MLS Ground Certification and Measurement Facility", TP 6514E.

Transports Canada / Transport Canada

Développement / Development

FORMULE DOCUMENTAIRE DU RAPPORT

1. Nº du rapport Transports Canada	2. Nº de l'étude — CDT	3. Nº de catalogue du destinataire
TP 6514F	6331	

4. Titre et sous-titre	5. Date du rapport
Étude de faisabilité d'une installation d'homologation et d'essai au sol pour système MLS	Mai 1985
	6. Nº du rapport de l'organisme exécutant: 340-FR-001

7. Auteur(s)	8. Nº de dossier Transports Canada
G. Boudreau, J. Whelpton, D.M. Ball	D 1455-153

9. Nom et adresse de l'organisme exécutant	10. Nº de dossier — ASC
Canadian Astronautics Limited 1050 Morrison Drive Ottawa, Ontario K2H 8K7	11SD.T8200-4-4557
	11. Nº de contrat — ASC ou Transports Canada: OSD 84-00219

12. Nom et adresse de l'organisme parrain	13. Genre de rapport et période visée
Centre de développement des transports (CDT) Complexe Guy-Favreau, 200 ouest boul. Dorchester Suite 601, tour ouest Montréal, Québec H2Z 1X4	Sommaire, déc.84 - mai 85
	14. Code de l'organisme parrain: CDT 6331

15. Remarques additionnelles	16. Agent de projet — CDT
Sommaire de "Feasibility Study of an MLS Ground Certification and Measurement Facility", TP 6501E, mai 1985.	Micha Avni

17. Résumé

Ce rapport décrit brièvement une installation d'essai au sol de systèmes d'atterrissage hyperfréquences (MLS) pouvant tester un MLS avant, pendant et après son installation. Le MLS, qui sera le principal système d'atterrissage utilisé en 1995 (en remplacement de l'actuel système aux instruments), est beaucoup plus efficace et permet aux aéronefs d'atterrir sur les terrains difficiles et dans des conditions de faible visibilité. Ce système a aussi une couverture beaucoup plus étendue, ce qui rend les essais en vol difficiles et coûteux; c'est la raison pour laquelle un système d'essai au sol a été choisi.

Ce rapport expose aussi brièvement les diverses méthodes d'essai et décrit certains facteurs dont il faut tenir compte; puis, en se basant sur une analyse de performance et de coûts prévus, il définit les caractéristiques d'un système d'essai optimal. L'installation d'essai est constituée d'une antenne réceptrice de sondage adaptée à la configuration de l'emplacement et montée sur une tour mobile à 35 mètres devant le MLS, ainsi que d'un sous-système électronique et d'une unité de poursuite montés dans une remorque. Les problèmes potentiels dus aux trajets multiples sont identifiés en appliquant à la configuration des principales sources de trajets multiples à chaque aéroport les données obtenues sur les lobes latéraux au moyen d'une antenne étalonnée.

Le rapport donne une brève description des trois installations; la première sert à faire l'essai de la première antenne MLS livrée, la deuxième sert aux épreuves de mise en service et la troisième aux vérifications périodiques.

18. Mots-clés	19. Diffusion
Système d'atterrissage hyperfréquences, contrôle de la circulation aérienne, navigation, essai.	Le Centre de développement des transports dispose d'un nombre limité d'exemplaires.

20. Classification de sécurité (de ce rapport)	21. Classification de sécurité (de cette page)	22. Nombre de pages	23. Prix
non classifié	non classifiée	24	aucun

Transport Canada / Transports Canada
Development / Développement

REPORT DOCUMENTATION FORM

1. Transport Canada Report No.	2. TDC Project No.	3. Recipient's Catalogue No.
TP 6514F	6331	

4. Title and Subtitle	5. Report Date
Étude de faisabilité d'une installation d'homologation et d'essai au sol pour système MLS	May 1985
	6. Performing Organization Report No. 340-FR-001

7. Author(s)	8. Transport Canada File No.
G. Boudreau, J. Whelpton, D.M. Ball	D 1455-153

9. Performing Organization Name and Address	10. DSS File No.
Canadian Astronautics Limited 1050 Morrison Drive Ottawa, Ontario K2H 8K7	11SD.T8200-4-4557
	11. DSS or Transport Canada Contract No. OSD 84-00219

12. Sponsoring Agency Name and Address	13. Type of Report and Period Covered
Transportation Development Centre (TDC) Guy Favreau Complex, 200 Dorchester Blvd. West Suite 601, West Tower Montreal, Quebec H2Z 1X4	Summary, Dec. 84 - May 85
	14 Sponsoring Agency Code TDC 6331

15 Supplementary Notes	16 TDC Project Officer
Summary of "Feasibility Study of an MLS Ground Certification and Measurement Facility", TP 6501E, May 1985.	Micha Avni

17 Abstract

This summary report briefly describes a ground-based Microwave Landing System (MLS) test facility, with the capability for performing tests before, during, and after installation of an MLS. MLS, which will become the prime aircraft landing system by 1995 (replacing the existing Instrument Landing System), will provide significantly enhanced performance, allowing aircraft to land in difficult terrain and under low visibility conditions. The system also provides dramatically increased coverage, making airborne testing difficult and expensive; therefore, ground-based testing is preferred.

The report briefly defines alternative test techniques and describes some of the factors which must be considered; then, based on analysis of performance and projected costs, it defines an optimal test system. The airport test facility consists of a spatially matched receiving probe antenna mounted on a movable tower located 35 metres in front of the MLS, together with a van mounted electronics subsystem and a probe antenna tracking unit. Potential multipath problem areas are identified by applying antenna sidelobe level test data obtained from a calibrated antenna test facility to the configuration of major multipath reflector sources at each airport.

Included in the report are brief descriptions of a first article MLS antenna test facility, a commissioning test facility, and a periodic test facility.

18. Key Words	19. Distribution Statement
Microwave Landing System, Air Traffic Control, Navigation, Testing.	Limited number of copies available from Transportation Development Centre.

20. Security Classification (of this report)	21. Security Classification (of this page)	22. No. of Pages	23. Price
Unclassified	Unclassified	24	nil

TDC. CDT 79-005
Rev 86

Canada

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION 1

2. ANALYSE DES EXIGENCES 2

3. DISCUSSION DES MÉTHODES DE MESURE 9
   3.1 Paramètres spatialement invariants 9
   3.2 Paramètres des signaux rayonnés 10
   3.3 Sensibilité de l'antenne MLS aux conditions ambiantes 11

4. DESCRIPTION DES INSTALLATIONS D'ESSAI 13
   4.1 Installation d'essai de la première antenne MLS livrée 13
   4.2 Installation de test de mise en service 14
   4.3 Installation de vérification périodique 15

5. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS 17

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Précision de guidage du système au point de repère 5
Tableau 2 Précision azimutale 6
Tableau 3 Précision en site 7
Tableau 4 Précision de l'équipement au sol 8

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Zones du signal MLS rayonné 3
Figure 2 Fréquences du cycle d'émission multiplex recommandées pour le système MLS 4
Figure 3 Montage possible pour les tests 12
Figure 4 Schéma synoptique du poste de test de mise en service 16

1. INTRODUCTION

Ce rapport décrit les résultats d'une étude effectuée sur une installation d'essai au sol pour système d'atterrissage hyperfréquences (MLS). Au cours de cette étude, les diverses méthodes d'homologation et d'étalonnage des systèmes MLS avant, durant et après leur installation, ont été examinées en détail, dans le but de trouver une méthode économique pour vérifier, à l'aide d'une installation au sol, le bon fonctionnement des systèmes MLS dans une grande variété de conditions ambiantes typiques au Canada.

Le rapport est divisé en quatre sections:

- Analyse des exigences
- Discussion des méthodes de mesure
- Description des installations d'essai
- Conclusions et recommandations.

2. ANALYSE DES EXIGENCES

Il est prévu que le système MLS sera le principal système d'atterrissage utilisé en 1995, remplaçant ainsi le système VHF/UHF d'atterrissage aux instruments (ILS) présentement préconisé par l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI). Comparativement au système ILS, le MLS permettra d'obtenir une plus grande précision et d'accroître la couverture de guidage (jusqu'à 120° dans le plan azimutal et jusqu'à 20° dans le plan vertical, comme on le voit sur la figure 1), tout en étant moins sensible aux irrégularités du terrain et aux conditions atmosphériques.

Pour cette étude, nous considérons que le MLS est constitué

a) d'un équipement d'azimut d'approche,
b) d'un équipement d'azimut arrière,
c) d'un équipement de site,
d) d'un dispositif de transmission et de codage de mots de données,
e) d'un moniteur pour chacun des équipements ci-dessus.

Les exigences pour chacun de ces équipements et pour le système MLS sont décrites en détail à la section 3 des normes de l'OACI. Le manque d'espace nous empêche de les reproduire ici, mais la séquence recommandée pour le cycle de transmission est illustrée sur la figure 2. Bien que la structure du signal multiplex soit complexe, l'équipement et la technologie nécessaires pour mesurer la structure temporelle et la structure des données existent et il serait facile de concevoir et de construire un sous-système d'essai.

Toutefois, les exigences relatives à la précision du guidage présentent un problème beaucoup plus difficile à résoudre, principalement à cause de la grande précision exigée pour le pointage. Les normes de précision exigées du système de guidage et de l'équipement au sol pour un aéroport type sont détaillées dans les tableaux 1 à 4; elles se mesurent au moyen de l'erreur de suivi (PFE) et du bruit suivi (CMN) exprimés en degrés (±). Dans les sections qui suivent, diverses méthodes de mesure pour résoudre ces problèmes sont examinées et une méthode optimale est décrite.

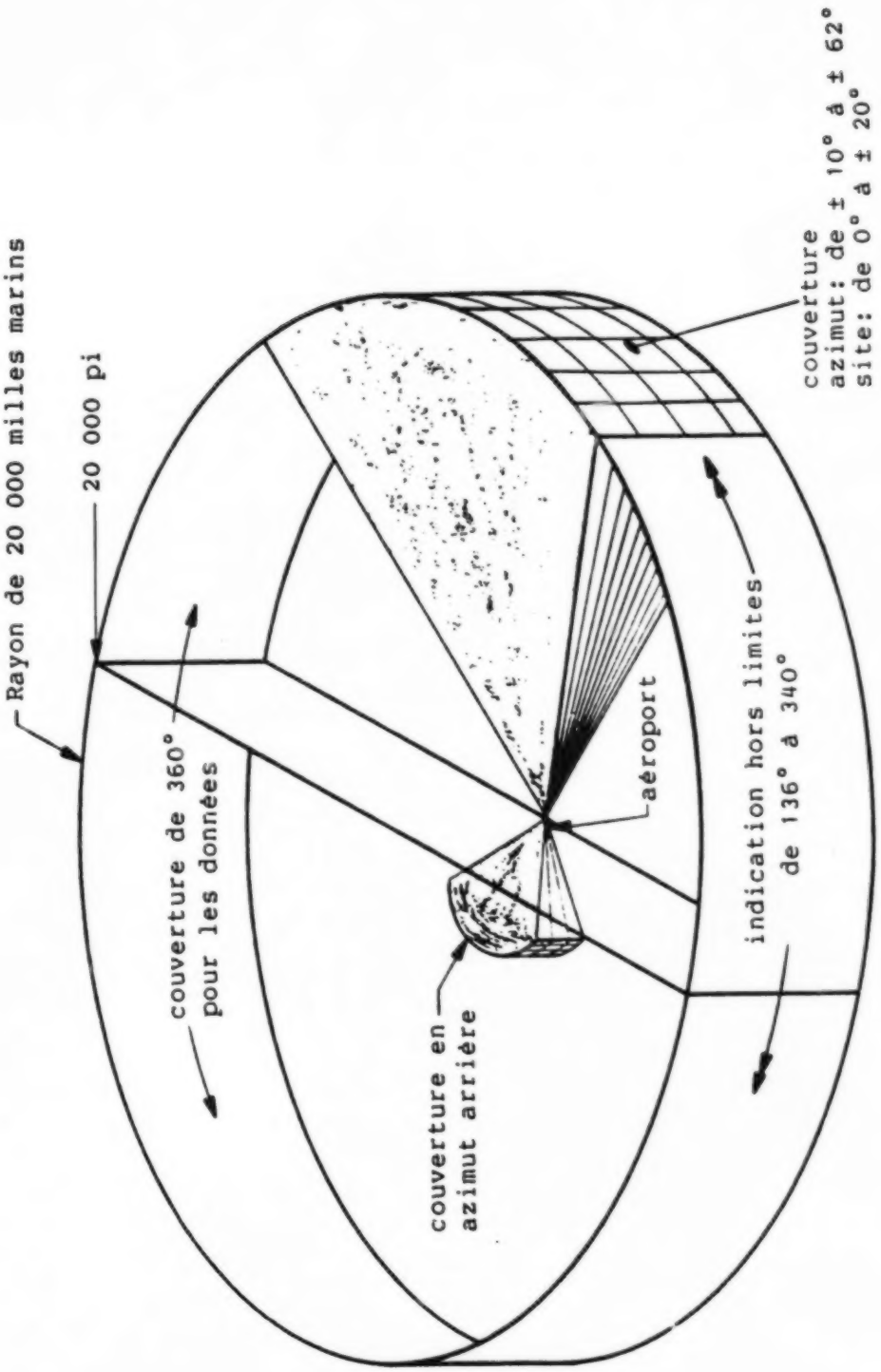
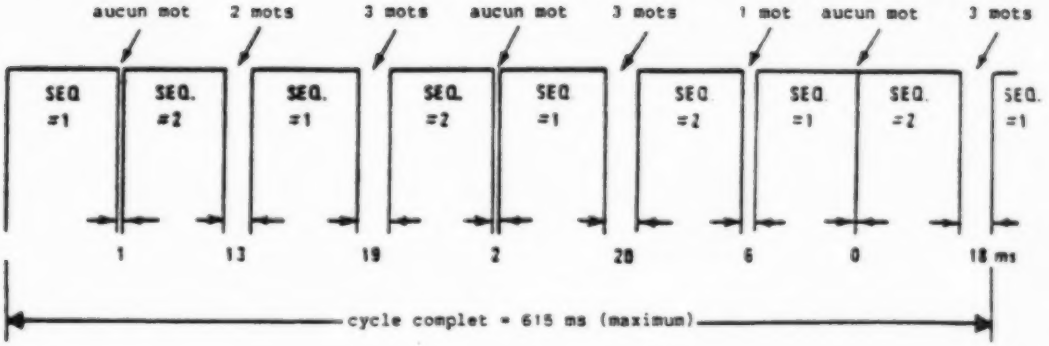


Figure 1 Zones du signal MLS rayonné



NOTES:

1. Des mots de données de base peuvent être émis dans l'une ou l'autre des périodes de temps libre.

2. Lorsque la fonction d'azimut arrière est assurée, le mot de données de base n° 2 doit être émis uniquement à cet endroit.

3. La durée totale de la séquence n° 1 et de la séquence n° 2 ne doivent pas dépasser 134 ms.

Figure 2 Fréquences du cycle d'émission multiplex recommandées pour le système MLS, avec indication des périodes de temps libre pouvant servir à l'émission de mots de données auxiliaires

Tableau 1
Précision de guidage du système au point de repère (± degrés)
[sections 3.11.4.9, 3.11.4.9.5 et 3.11.4.9.6 du document de l'OACI]

		PFE	PNF	CMN	PFE recommandée
	azimut d'approche				
distance entre le point de repère d'approche et l'antenne d'azimut (m)	500	0,69	0,40	0,1	0,46
	1500	0,23	0,13	0,1	0,15
	3000	0,12	0,069	0,061	0,076
	4267	0,081	0,047	0,043	0,050
	azimut arrière				
distance entre l'antenne d'azimut arrière et le point de repère d'azimut arrière (m)	800	0,43	0,25	0,1	
	1500	0,23	0,13	0,1	
	2000	0,17	0,10	0,09	
	site				
nous supposerons que l'alignement de descente minimal est de 3° (c'est-à-dire 287 m jusqu'au point de repère)		0,12	0,079	0,059	

Tableau 2
Limites de la précision azimutale (± degrés)
[sections 3.11.4.9.4.2 et 3.11.4.9.4.3 du document de l'OACI]

		PFE	PFN	CMN	PFE (recommandée)
	point de repère d'approche	0,115	0,066	0,06	0,077
site $\theta < 9°$	distance	@ 37 km ERC: 0,23	@ 37 km ERC: 0,132	@ 18,5 km ERC: 0,078	@ 37 km ERC 0,154
	angle azimutal $\Phi = \pm 40°$	0,345	0,198	0,101	0,23
site $\theta = 15°$	angle azimutal $\Phi = 0°$	0,46	0,264	0,078	0,308
	$\Phi = \pm 40°$	0,69	0,396	0,101	0,46

NOTE: Pour une antenne azimutale à 3048 m (10 000 pi) du seuil

ERC = prolongement de l'axe de piste
Φ = angle azimutal
θ = angle de site

Tableau 3
Limites de précision en site du système (± degrés)
[sections 3.11.4.9.6.1 à 3.11.4.9.6.3 du document de l'OACI]

		PFE	PFN	CMN	PFE recommandée	CMN recommandé
	point de repère d'approche	0,12	0,079	0,059		
site: sur l'alignement de descente minimal	distance	@37km ERC: 0,2	@37km ERC: 0,2	@18,5km ERC: 0,077		
	angle: $\Phi = \pm 40°$	0,26	0,26	0,1		
site: $\theta = 15°$	angle: $\Phi = 0°$	0,24	0,16	0,12*		
	$\Phi = \pm 40°$	0,31	0,31	0,13		
site: $\theta <$ 60% de l'alignement de descente minimal	angle: $\Phi = 0°$	0,72	0,47	0,35	0,35	0,17
	$\Phi = \pm 40°$	0,8	0,94	0,4	0,35	0,2

* Exception: CMN < 0,07° directement au-dessus du point de repère

NOTE: Alignement de descente minimal = 3°

ERC = prolongement de l'axe de piste
Φ = angle azimutal
θ = angle de site

Tableau 4
Limites de précision de l'équipement au sol (± degrés)
[sections 3.11.5.2.4 et 3.11.5.2.5 du document de l'OACI]

	PFE (moyenne)	CMN (recommandé)
GUIDAGE EN AZIMUT (i) Max. typique: (3353 m, 11 000 pi) de l'antenne azimutal au point de repère d'approche	0,051	0,017 (Limite absolue de 0,03. Voir Note 1)
(ii) Pire cas: 4268 m (14 000 pi)	0,04	0,013 (Limite absolue de 0,03. Voir Note 1)
GUIDAGE EN SITE (i) MGP = 3° 287 m (942 pi) jusqu'au point de repère	0,06	0,03
(ii) MGP = 2,5° 344 m (1128 pi) jusqu'au point de repère	0,05	0,025

MGP = alignement de descente minimal

Note 1: Les limites de précision sont données en distances absolues. Lorsque la longueur de piste est inférieure à 1910 m (6265 pi), la distance angulaire absolue devient plus importante que la limite de distance.

3. DISCUSSION DES MÉTHODES DE MESURE

Dans cette section sont résumées les diverses méthodes de mesure des paramètres d'un système MLS définis dans les normes de l'OACI.

Ces méthodes sont discutées dans les sous-sections suivantes:

- paramètres spatialement invariants,
- paramètres des signaux rayonnés,
- sensibilité de l'antenne MLS aux conditions ambiantes.

3.1 Paramètres spatialement invariants

Les paramètres qui ne dépendent pas de l'endroit où ils sont mesurés dans le volume de couverture comprennent les fréquences, les intervalles de temps, les décodages de fonctions, etc. La figure 3 représente une configuration type de sous-systèmes fonctionnels pouvant être utilisée pour mesurer ces paramètres.

a) Convertisseur abaisseur - Un convertisseur abaisseur est nécessaire pour transposer la fréquence de 5 GHz à une fréquence inférieure plus appropriée aux appareils de mesure.

b) Détecteur d'amplitude - Un démodulateur d'amplitude est requis pour les mesures de temps sur l'angle de guidage et les mesures de puissance.

c) Démodulateur de phase différentielle - Un démodulateur de phase est essentiel pour extraire le signal de modulation du signal modulé en phase différentielle.

d) Mesure des intervalles de temps - Un décodeur fournit les signaux de déclenchement nécessaires pour mesurer les divers signaux de chaque fonction. Un indicateur d'intervalles de temps commandé par bus GPIB peut être utilisé pour les mesures. On pourrait aussi numériser les signaux au moyen d'un numériseur de formes d'onde et mesurer les intervalles de temps au moyen d'un logiciel.

e) Fréquencemètre - On peut utiliser un fréquencemètre automatique pour mesurer la fréquence, mais la précision obtenue n'est que moyennement adéquate.

Si possible, il vaut mieux mesurer la fréquence directement au MLS, avant la modulation.

f) Décodeur de phase, de code morse et de données - Un matériel spécialisé est le plus approprié pour ces tests, bien qu'il soit possible de décoder l'information via un logiciel en utilisant un numérateur de formes d'onde.

g) Contrôleur - Pour accélérer les mesures aux aéroports achalandés, on recommande d'utiliser un contrôleur pour automatiser la séquence des tests. Il existe sur le marché plusieurs ordinateurs avec progiciels appropriés pouvant effectuer cette opération.

Il est évident que les tests ci-dessus pourraient être effectués à l'aide d'un récepteur MLS modifié de façon appropriée. Pour déterminer si une telle approche est vraiment économique, il faudrait examiner l'étendue et le coût des modifications requises.

3.2 Paramètres des signaux rayonnés

Les niveaux de puissance des signaux rayonnés et les erreurs de guidage angulaire varient avec la position du récepteur dans l'espace. Les paramètres sont plus faciles à mesurer dans le champ MLS à distance intermédiaire, c'est-à-dire de 30 à 50 mètres de l'antenne. Étant donné que les interférences produites par les signaux à trajets multiples réfléchis par le sol peuvent être suffisamment fortes pour réduire la précision des mesures, l'antenne de sondage doit avoir un faisceau assez étroit pour minimiser ces interférences, tout en étant suffisamment petite pour offrir une bonne résistance au vent.

En raison de la précision exceptionnelle avec laquelle la position de l'antenne de sondage doit être déterminée, il est proposé d'utiliser un dispositif de repérage optique permettant l'observation du déplacement produit par le vent du centre de phase de l'antenne.

Le processeur angulaire de la figure 4 est également nécessaire pour déterminer avec une très grande précision le centre du faisceau. On propose par conséquent de mettre au point, spécialement pour cette application, un algorithme pouvant déterminer la position du centre du faisceau. À cette fin, il est recommandé de recourir à un ajustement par la méthode des moindres carrés.

Un indicateur de puissance est essentiel pour mesurer la puissance de crête du faisceau de balayage. On peut utiliser un indicateur de puissance de crête ordinaire ou avoir recours à un numériseur de formes d'onde.

En considérant que le système utilisé pour les champs intermédiaires ne peut mesurer le niveau des signaux à trajets multiples engendrés par les lobes latéraux dans les champs éloignés, il est recommandé de mesurer le niveau des lobes latéraux dans une zone où le niveau des signaux à trajets multiples est faible, puis de déterminer, à partir d'une analyse de la géométrie de l'aéroport, les zones de forte probabilité d'interférence par signaux à trajets multiples. Les résultats prévus pourraient ensuite être confirmés par un essai en vol.

Une fois de plus, on peut utiliser un récepteur MLS modifié pour ces tests; cependant, la précision de localisation exigée du poste d'essai est beaucoup plus grande et ce type de récepteur pourrait se révéler inadéquat.

3.3 Sensibilité de l'antenne MLS aux conditions ambiantes

Il faudra s'assurer que les variations de performance, particulièrement en ce qui a trait à la précision du guidage, restent dans des limites acceptables pour toutes les conditions atmosphériques observées au Canada. La performance des dispositifs électroniques du système MLS peut être vérifiée en laboratoire, mais la performance de l'antenne doit être vérifiée à l'extérieur dans une zone à faible niveau de signaux à trajets multiples. Dépendant de la construction de l'antenne, les grandes variations de température pourraient occasionner des problèmes; il est donc nécessaire d'effectuer des tests pour vérifier la performance de l'antenne.

Il semble peu probable que les chutes de pluie sur le radome de l'antenne "voilent" les signaux et dégradent la performance de l'antenne dans certaines parties de la zone de couverture; toutefois, les radomes de tous les fabricants doivent être testés pour confirmer que toute dégradation sera détectée sur le moniteur en place ou qu'il n'y aura pas de dégradation durant les chutes de pluie ordinaires.

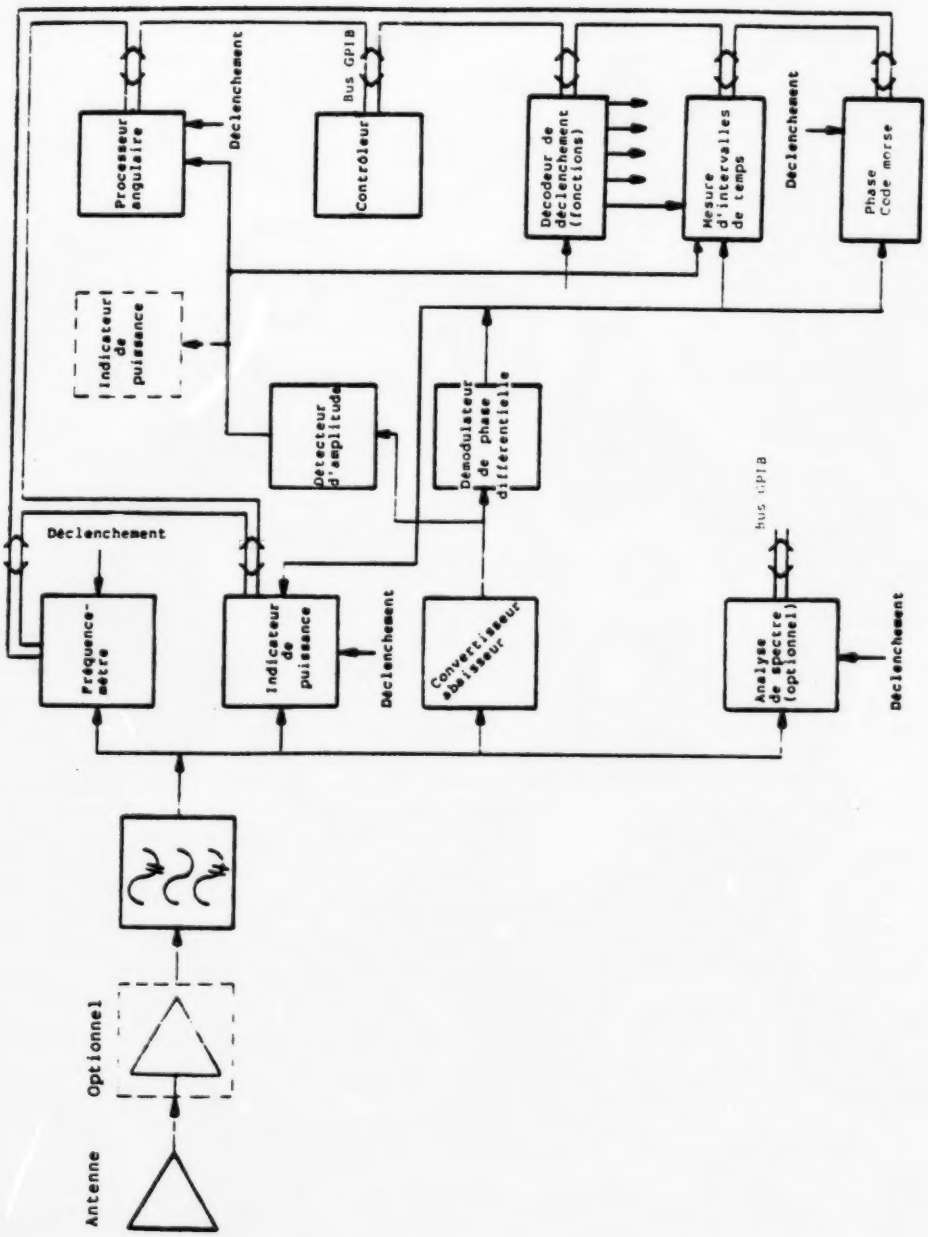


Figure 3 Montage possible pour les tests

4. DESCRIPTION DES INSTALLATIONS D'ESSAI

Il existe trois installations d'essai pour tester le système MLS avant, pendant et après son installation.

4.1 Installation d'essai de la première antenne MLS livrée

L'installation d'essai de la première antenne MLS livrée (FAMAT) permet avant tout de mesurer avec précision le niveau des lobes latéraux sans interférence occasionnée par des signaux à trajets multiples; elle permet aussi d'effectuer, dans des conditions contrôlées, des essais restreints à l'extérieur. Par ailleurs, cette installation est nécessaire pour homologuer le poste d'essai de mise en service ainsi que le sous-système moniteur de champ MLS.

L'installation FAMAT doit pouvoir mesurer:

- le niveau des lobes latéraux,
- la précision du guidage dans diverses conditions ambiantes,
- tous les paramètres spatialement variables.

La principale caractéristique de cette installation doit être de permettre de tester l'antenne MLS dans une zone à faible niveau de signaux à trajets multiples; la situation idéale permettrait d'effectuer des tests en champ éloigné dans une zone exempte de signaux à trajets multiples. Comme cela est impossible, le niveau des signaux à trajets multiples doit être à au moins 35 dB au-dessous du niveau du lobe principal, ou les caractéristiques des signaux à trajets multiples doivent pouvoir être mesurées et contrôlées soigneusement; ainsi, les signaux peuvent être distingués de ceux des lobes latéraux et leur contribution retranchée des grandeurs mesurées.

L'installation d'essai montée sur le toit du laboratoire David Florida du Centre de recherche sur les communications est particulièrement appropriée pour effectuer ces tests. On la recommande principalement en raison du faible niveau des signaux à trajets multiples, de sa proximité des bureaux de Transports Canada et de son coût de location raisonnable.

a) Mesure du niveau des lobes latéraux

Pour le calcul du niveau dynamique des lobes latéraux, il faut mesurer le niveau dépassé par les lobes latéraux pendant 3 p. 100 du temps de balayage, en excluant le faisceau principal. La méthode proposée

nécessite une numérisation de la composante de sortie vidéo du faisceau du balayage et la mise en mémoire des résultats. Une fois qu'on a obtenu un échantillon de mesures de taille suffisamment grande pour en faire un échantillon représentatif, les données sont traitées et le seuil au-dessus duquel se trouvent 3 p. 100 des mesures est calculé. On répète le processus pour déterminer la variation du niveau dynamique des lobes latéraux en fonction de la position angulaire par rapport à l'antenne MLS.

b) Test en conditions ambiantes

L'installation FAMAT peut aussi être utilisée pour tester l'antenne MLS dans des conditions de température variables et de chutes de pluie simulées, car il faut contrôler soigneusement les signaux à trajets multiples pour obtenir la précision désirée dans ces tests.

4.2 Installation de test de mise en service

L'installation de test de mise en service est la principale installation d'essai au sol et d'homologation de MLS. Elle est constituée d'une antenne de 15 mètres montée sur une tour mobile et abaissable et d'un récepteur-processeur installé dans une remorque équipée d'un groupe électrogène que l'on peut facilement déplacer dans toute l'étendue de la zone de mesure.

a) Sous-système d'antenne

Le sous-système d'antenne est constitué d'une antenne réseau de sondage à faisceau étroit montée sur une tour placée entre 30 et 45 mètres devant l'antenne MLS de même que d'une unité de repérage du centre de phase de l'antenne de sondage. Il est nécessaire de recourir à un faisceau étroit pour minimiser les signaux à trajets multiples réfléchis par le sol; l'unité de repérage est essentielle à la détection des mouvements de l'antenne de sondage produits par le vent afin que l'on puisse obtenir une précision de pointage de ±0,005°.

b) Sous-système récepteur-processeur

Le récepteur-processeur est constitué d'un groupe de sous-modules montés de façon à mesurer à la fois les paramètres spatialement variables et invariables (figure 4). Il y a deux façons de procéder: l'une maximise l'utilisation des appareils de mesure contrô-lables par bus GPIB standard, alors que l'autre a recours à des unités (matériel et logiciel) construites

sur commande. Dans ce dernier cas, le coût initial est plus élevé, mais les coûts d'exploitation sont sensiblement réduits et l'unité est beaucoup moins encombrante et moins lourde. Dans les deux cas, il faut avoir recours à des sous-modules tels que convertisseur abaisseur, détecteur d'amplitude, démodulateur de phase différentille, numériseur, etc.

Il faut souligner la précision requise du processeur d'angle de guidage, laquelle nécessitera probablement l'utilisation d'un algorithme très spécialisé incorporé de préférence au logiciel. Cet algorithme sera aussi nécessaire pour corriger le signal d'entrée de l'unité de repérage du centre de phase de l'antenne de sondage pour que l'on puisse déterminer la précision absolue du pointage du faisceau.

4.3 Installation de vérification périodique

L'installation de vérifications périodiques (PTF) est un système au sol qui vérifie périodiquement la performance d'un système MLS sans avoir recours à une coûteuse inspection avec vol. Fonctionnellement, l'installation PTF est essentiellement identique à l'installation de test de mise en service, la principale différence étant que la position proposée pour l'antenne de sondage est fixe, de sorte que l'unité de repérage devient inutile et que l'unité électronique est moins encombrante et plus légère. On suppose aussi que le socle du mât de l'antenne PTF sera une installation permanente (par exemple, un socle en béton coulé sur place), de sorte que le mât pourra être érigé rapidement et que l'on pourra prendre les mesures immédiatement.

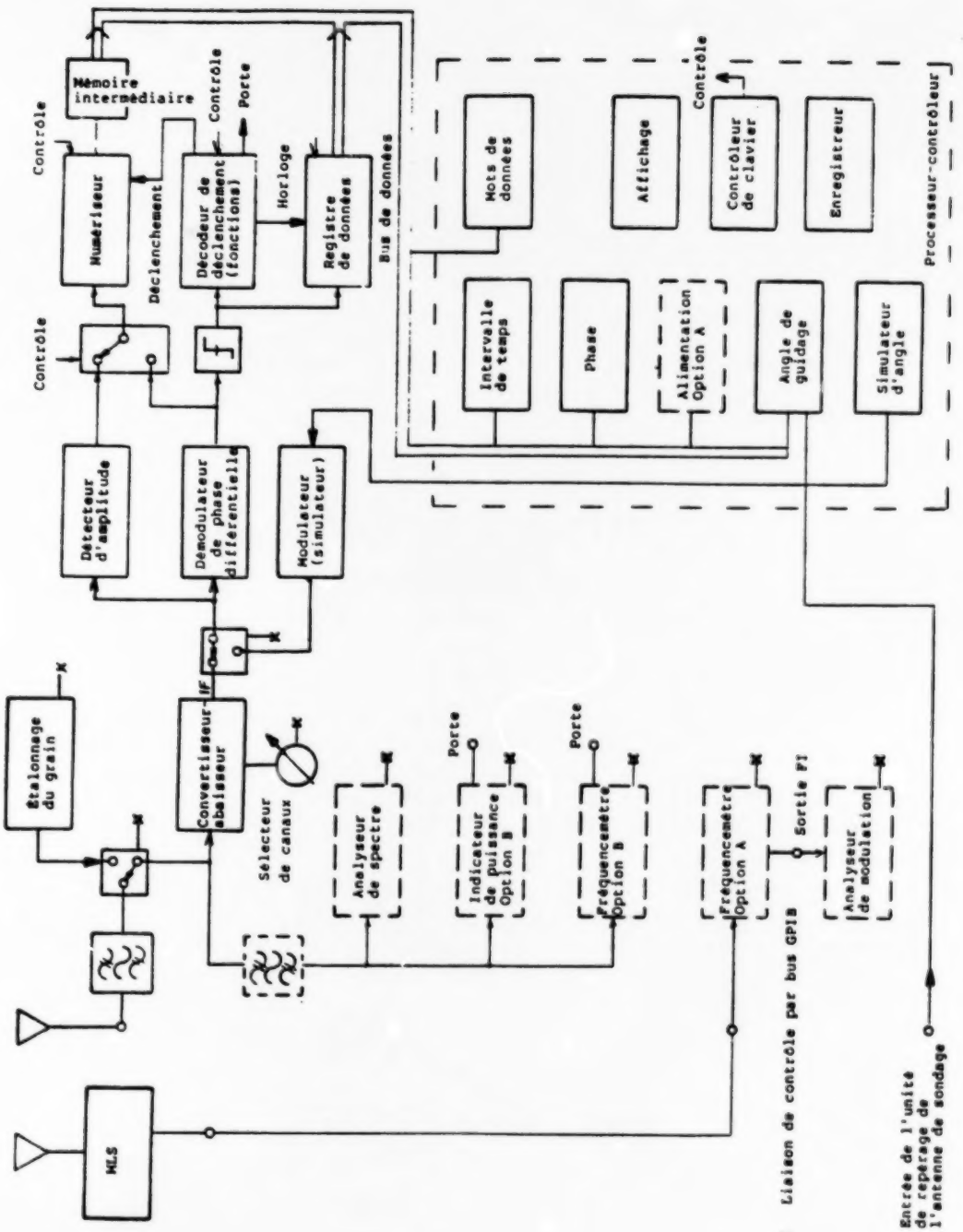


Figure 4 Schéma synoptique du poste de test de mise en service

5. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Cette section résume les principales caractéristiques que doit posséder l'installation d'essai au sol pour effectuer les opérations nécessaires et fait quelques recommandations pour simplifier les mesures. Le résumé est divisé en quatre sous-sections:

a) Caractéristiques recommandées pour un système MLS
Cette sous-section recommande certaines additions et modifications à apporter à la conception et à la construction d'un système MLS pour améliorer la performance de ce dernier et en faciliter les tests.

i) le MLS devrait indiquer quelle configuration de données est utilisée;
ii) le centre de phase de l'antenne devrait être indiqué;
iii) le diagramme de rayonnement de l'antenne devrait être bien contrôlé;
iv) il faudrait mesurer le niveau des lobes latéraux;
v) la possibilité d'accumulation de glace sur le radome du MLS devrait être examinée;
vi) la sensibilité du MLS à l'humidité et aux vibrations devrait être indiquée.

b) Installation d'essai de la première antenne MLS livrée
Recommandations concernant cette installation:

i) le niveau des lobes latéraux doit être mesuré à un emplacement d'essai bien contrôlé où le niveau des signaux à trajets multiples est faible;
ii) cette installation devrait être utilisée pour les tests de sensibilité aux variations de températures et les tests simulant les chutes de pluie;
iii) ce type d'installation est tout indiqué pour les tests d'homologation au moyen d'un moniteur sur place et les tests de fonctionnement en cas de défaillance mineure.

c) Installation de test de mise en service (CTF)
L'installation CTF peut mesurer les principaux paramètres d'un système MLS conformément aux normes de l'OACI pourvu que l'on suive les recommandations suivantes:

i) les textes sur les signaux rayonnés devront être effectués dans le champ intermédiaire (de 30 à 45 mètres de l'antenne MLS);
ii) le mouvement de l'antenne occasionné par le vent devra être déterminé au moyen d'une unité de repérage optique;
iii) le dispositif d'étalonnage du processeur de guidage angulaire doit être incorporé à l'unité;
iv) un enregistreur de données devrait aussi être incorporé à l'unité.

d) Installation de vérifications périodiques
Fonctionnellement, cette installation est semblable à l'installation CTF décrite ci-dessus, sauf que:

i) l'antenne de sondage devrait être montée sur une tour fixe, rendant ainsi inutile l'utilisation d'une unité de repérage;
ii) pour faciliter le transport de l'unité électronique, on devrait réduire les dimensions et le poids en utilisant des circuits faits sur commande partout où la chose est possible;
iii) les vérifications à court terme de la stabilité en fréquence ne sont pas nécessaires.